

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-272040

(P2000-272040A)

(43)公開日 平成12年10月3日(2000.10.3)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコト*(参考)
B 3 2 B 5/00		B 3 2 B 5/00	A 4 F 0 7 2
C 0 4 B 35/80		C 0 8 J 5/04	C F H 4 F 1 0 0
C 0 8 J 5/04	C F H	C 0 4 B 35/80	K
// C 0 8 L 83:00			L

審査請求 有 請求項の数11 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平11-85443

(22)出願日 平成11年3月29日(1999.3.29)

(71)出願人 000000974

川崎重工業株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号

(72)発明者 井頭 賢一郎

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

(72)発明者 西尾 光司

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

(74)代理人 100076705

弁理士 塩出 真一 (外1名)

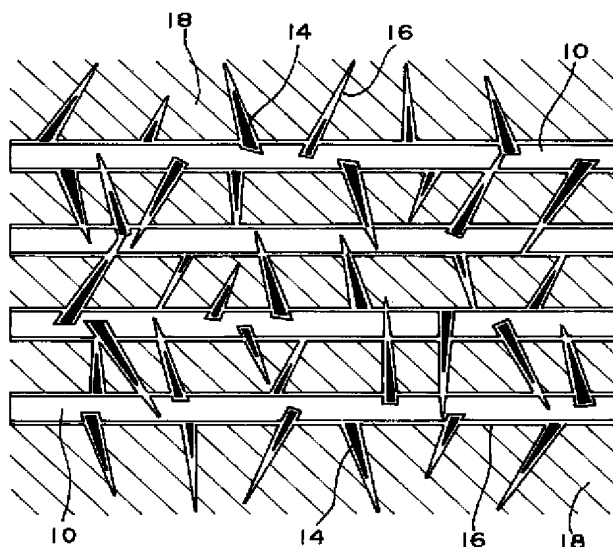
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高強度繊維強化複合材料及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 強度特性及び熱的特性に優れた繊維強化複合材料を安い製造コストで製造する。

【解決手段】 耐熱性の高い繊維又は繊維束からなる繊維織物の各繊維10表面にセラミック前駆体ポリマーを付着させ、セラミック前駆体ポリマーが付着した繊維織物を熱処理して、繊維束又は繊維織物内部の各繊維10表面にセラミックウスカ14をランダムに成長させ、ついで、繊維織物の内部及び表面にマトリックス18を形成させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 耐熱性の高い繊維又は繊維束からなる繊維織物の内部及び表面にマトリックスを形成させてなる繊維強化複合材料において、繊維束又は繊維織物内部の各繊維表面にセラミックウィスカをランダムに形成させてなることを特徴とする高強度繊維強化複合材料。

【請求項2】 耐熱性の高い繊維又は繊維束からなる2次元織物の積層体を強化材として用い、2次元織物積層体の内部及び表面にマトリックスを形成させてなる繊維強化複合材料において、繊維束又は繊維織物内部の各繊維表面にセラミックウィスカをランダムに形成させ、積層体の層間強度及び板厚方向の熱伝導率を向上させたことを特徴とする高強度繊維強化複合材料。

【請求項3】 繊維強化複合材料が、セラミック繊維、炭素繊維及びガラス繊維のいずれかの繊維又は繊維束からなる繊維織物を用い、繊維織物の内部及び表面にマトリックスとしてセラミック材料、樹脂材料、金属材料及びガラス材料のいずれかを形成させた複合材料である請求項1又は2記載の高強度繊維強化複合材料。

【請求項4】 耐熱性の高い繊維又は繊維束からなる繊維織物の各繊維表面にセラミック前駆体ポリマーを付着させ、セラミック前駆体ポリマーが付着した繊維織物を熱処理して、繊維束又は繊維織物内部の各繊維表面にウィスカ状セラミックをランダムに成長させ、ついで、繊維織物の内部及び表面にマトリックスを形成させることを特徴とする高強度繊維強化複合材料の製造方法。

【請求項5】 セラミック繊維、炭素繊維及びガラス繊維のいずれかの繊維又は繊維束からなるUDプリフォーム、2次元織物、2次元織物積層体及び3次元織物のいずれかの各繊維表面に、セラミック前駆体ポリマーとして有機珪素ポリマーを付着させ、有機珪素ポリマーが付着したプリフォーム又は繊維織物を熱処理して、繊維束又は繊維織物内部の各繊維表面に、有機珪素ポリマーが無機化して生成されるウィスカ状セラミックをランダムに成長させ、ついで、プリフォーム又は繊維織物の内部及び表面に、セラミック材料、樹脂材料、金属材料及びガラス材料のいずれかからなるマトリックスを形成させることを特徴とする高強度繊維強化複合材料の製造方法。

【請求項6】 2次元織物積層体の各繊維表面にセラミック前駆体ポリマーを付着させて、セラミック前駆体ポリマーが付着した2次元織物積層体を熱処理し、2次元織物積層体の内部の各繊維表面にウィスカ状セラミックをランダムに成長させて、積層体の層間強度及び板厚方向の熱伝導率を向上させる請求項4又は5記載の高強度繊維強化複合材料の製造方法。

【請求項7】 有機溶剤で希釈したセラミック前駆体ポリマーを繊維織物又はプリフォームに含浸させた後、乾燥させて余分な有機溶剤を除去することにより、繊維織物又はプリフォームの各繊維表面にセラミック前駆体ポ

リマーを付着させる請求項4、5又は6記載の高強度繊維強化複合材料の製造方法。

【請求項8】 密閉容器の中に固体又は液体状のセラミック前駆体ポリマーと繊維織物又はプリフォームを配置し、セラミック前駆体ポリマーの蒸気が発生する温度に昇温して、繊維織物又はプリフォームの各繊維表面にセラミック前駆体ポリマーを蒸着する請求項4、5又は6記載の高強度繊維強化複合材料の製造方法。

【請求項9】 セラミック前駆体ポリマーが付着した繊維織物又はプリフォームを、不活性ガス雰囲気で加圧下にて昇温速度300～500℃/時間で1200～1300℃に加熱して、繊維織物又はプリフォーム内部の各繊維表面にウィスカ状セラミックをランダムに成長させる請求項4～8のいずれかに記載の高強度繊維強化複合材料の製造方法。

【請求項10】 繊維表面でのウィスカ状セラミックの生成を促進させるために、繊維織物又はプリフォームの各繊維表面にセラミック前駆体ポリマーを付着させる前に、各繊維表面にウィスカ状セラミックの生成核となるような炭素層、金属粒子及びセラミック粒子の少なくともいずれかを付着させる請求項4～9のいずれかに記載の高強度繊維強化複合材料の製造方法。

【請求項11】 レジンの含浸・焼成により繊維表面に炭素層を形成させるか、CVD法により繊維表面に炭素層もしくは炭素粒子を付着させるか、メッキ法により繊維表面に金属粒子を付着させるか、又は金属及びセラミックの少なくともいずれかの粉末を懸濁させたスラリーを含浸させることにより繊維表面に金属粒子及びセラミック粒子の少なくともいずれかを付着させる請求項10記載の高強度繊維強化複合材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、セラミック繊維、炭素繊維、ガラス繊維等を用いた繊維強化複合材料（繊維強化セラミック複合材料、繊維強化プラスチック複合材料、繊維強化金属基複合材料、繊維強化ガラス系複合材料等）に適用されるものであり、強度特性及び熱的特性に優れ、かつ、製造コストが安く量産にも適した高強度繊維強化複合材料及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】繊維強化セラミック複合材料（CMC）は、高い機械的特性や熱的特性等が要求され、複合材料の強化材としては、一例として、2次元織物の積層体、3次元織物等が用いられる。従来から、繊維織物自体又は繊維織物を強化材とする複合材料の機械的特性や熱的特性等を向上させることを目的として、3次元織り構造等の織り構造、織り方及び織機が考案されている。例えば、特公平4-53832号公報、特開平8-67563号公報などには、3次元織物を強化材として使用した

繊維強化セラミック複合材料が開示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】繊維強化セラミック複合材料の強化材として、2次元繊維の積層体を使用する場合、製造コスト的には有利であるが、層間強度が著しく低いため実部品のような複雑形状品に適用した際には層間剪断破壊により非常に低い負荷で破壊することが多い。また、2次元繊維積層体の場合は、板厚方向の熱伝導率が低いという問題がある。一方、3次元繊維を強化材として使用したCMCは、機械的特性、熱的特性には優れるが、3次元繊維製造のコストが非常に高く、現時点では量産に不向きである。また、繊維繊維自体又は繊維繊維を強化材とする複合材料の機械的特性及び熱的特性を向上させるには、3次元繊維構造等より複雑な繊維構造が要求されるが、製織機によるこのような繊維構造の製作には技術的限界があり、かつ、高コストである。

【0004】また、2次元繊維積層体を強化材とするCMCの層間強度を向上させる手法として、板厚方向糸を縫いつけるステッチング（かがり縫い）が用いられることがある。この場合、平板のような単純形状品に対しては、機械によるステッチングが可能であるが、複雑形状品では現在でも手縫いであり、コスト高の要因となっている。また、ステッチされる板厚方向糸の密度及び分布には制限があり、均一に層間強度を向上させることは困難である。

【0005】本発明は上記の諸点に鑑みなされたもので、本発明の目的は、セラミック前駆体ポリマーのいくつかは無機化の際に特定の熱処理条件によりウスカ状セラミックとなる性質を有しており、このセラミックウスカを積極的に利用し、繊維強化複合材料の複合化のプロセス中で繊維繊維内部の各繊維表面にセラミックウスカを生成させることにより、繊維強化複合材料の強度特性及び熱的特性を向上させることができる高強度繊維強化複合材料及びその製造方法を提供することにある。また、本発明の目的は、繊維強化複合材料の強化材として、2次元繊維積層体を用い、繊維強化複合材料の複合化のプロセス中で繊維繊維内部の各繊維表面にセラミックウスカを生成させることにより、積層体の層間強度及び板厚方向の熱伝導率を向上させることができ、かつ、製造コストが安く量産にも適した高強度繊維強化複合材料及びその製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の高強度繊維強化複合材料は、耐熱性の高い繊維又は繊維束からなる繊維繊維の内部及び表面にマトリックスを形成させてなる繊維強化複合材料において、繊維束又は繊維繊維内部の各繊維表面にセラミックウスカをランダムに形成させてなる構成とされている（図5参照）。また、本発明の高強度繊維強化複合材料は、耐熱性の高い繊維又は繊維束からなる2次元繊維の

積層体を強化材として用い、2次元繊維積層体の内部及び表面にマトリックスを形成させてなる繊維強化複合材料において、繊維束又は繊維繊維内部の各繊維表面にセラミックウスカをランダムに形成させ、積層体の層間強度及び板厚方向の熱伝導率を向上させたことを特徴としている（図5参照）。

【0007】上記の本発明の高強度繊維強化複合材料において、セラミック繊維、炭素繊維及びガラス繊維のいずれかの繊維又は繊維束からなる繊維繊維を用い、繊維繊維の内部及び表面にマトリックスとしてセラミック材料、樹脂材料、金属材料及びガラス材料のいずれかを形成させたものを用いることができる。このように、本発明の高強度繊維強化複合材料は、繊維強化セラミック複合材料（CMC）だけでなく、繊維強化プラスチック複合材料（PMC）、繊維強化金属基複合材料（MMC）、繊維強化ガラス系複合材料（GMC）等にも適用可能である。

【0008】本発明の高強度繊維強化複合材料の製造方法は、耐熱性の高い繊維又は繊維束からなる繊維繊維の各繊維表面にセラミック前駆体ポリマーを付着させ、セラミック前駆体ポリマーが付着した繊維繊維を熱処理して、繊維束又は繊維繊維内部の各繊維表面にウスカ状セラミックをランダムに成長させ、ついで、繊維繊維の内部及び表面にマトリックスを形成させることを特徴としている（図1～図5参照）。また、本発明の高強度繊維強化複合材料の製造方法は、セラミック繊維、炭素繊維及びガラス繊維のいずれかの繊維又は繊維束からなるUDプリフォーム（UD: Uni Direction）もしくはUni Directional（単方向）、繊維を1方向に束ねたもの）、2次元繊維、2次元繊維積層体及び3次元繊維のいずれかの各繊維表面に、セラミック前駆体ポリマーとして有機珪素ポリマーを付着させ、有機珪素ポリマーが付着したプリフォーム又は繊維繊維を熱処理して、繊維束又は繊維繊維内部の各繊維表面に、有機珪素ポリマーが無機化して生成されるウスカ状セラミックをランダムに成長させ、ついで、プリフォーム又は繊維繊維の内部及び表面に、セラミック材料、樹脂材料、金属材料及びガラス材料のいずれかからなるマトリックスを形成させることを特徴としている（図1～図5参照）。

【0009】上記の本発明の製造方法において、2次元繊維積層体の各繊維表面にセラミック前駆体ポリマーを付着させて、セラミック前駆体ポリマーが付着した2次元繊維積層体を熱処理し、2次元繊維積層体の内部の各繊維表面にウスカ状セラミックをランダムに成長させて、積層体の層間強度及び板厚方向の熱伝導率を向上させることが好ましい。また、これらの本発明の製造方法において、有機溶剤で希釈したセラミック前駆体ポリマーを繊維繊維又はプリフォームに含浸させた後、乾燥させて余分な有機溶剤を除去することにより、繊維繊維又

はプリフォームの各繊維表面にセラミック前駆体ポリマーを付着させることができる。また、これらの本発明の製造方法において、密閉容器の中に固体又は液体状のセラミック前駆体ポリマーと繊維織物又はプリフォームを配置し、セラミック前駆体ポリマーの蒸気が発生する温度に昇温して、繊維織物又はプリフォームの各繊維表面にセラミック前駆体ポリマーを蒸着することができる。

【0010】また、これらの本発明の製造方法において、セラミック前駆体ポリマーが付着した繊維織物又はプリフォームを、不活性ガス雰囲気中で加圧下にて昇温速度300～500℃/時間で1200～1300℃に加熱して、繊維織物又はプリフォーム内部の各繊維表面にウスカ状セラミックをランダムに成長させることができる。また、これらの本発明の製造方法において、繊維束又は繊維織物内部の各繊維表面へのウスカ状セラミックの成長が困難な場合、繊維表面でのウスカ状セラミックの生成を促進させるために、繊維織物又はプリフォームの各繊維表面にセラミック前駆体ポリマーを付着させる前に、各繊維表面にウスカ状セラミックの生成核となるような炭素層、金属粒子及びセラミック粒子の少なくともいずれかを付着させることが好ましい。この場合、レジンを含浸・焼成により繊維表面に炭素層を形成させるか、CVD（化学気相蒸着）法により繊維表面に炭素層もしくは炭素粒子を付着させるか、メッキ法により繊維表面に金属粒子を付着させるか、又は金属及びセラミックの少なくともいずれかの粉末を懸濁させたスラリーを含浸させることにより繊維表面に金属粒子及びセラミック粒子の少なくともいずれかを付着させることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図1～図5を参照しながら、本発明の実施の形態について説明するが、本発明は下記の実施の形態に何ら限定されるものではなく、適宜変更して実施することが可能なものである。セラミック繊維、炭素繊維、ガラス繊維もしくはこれらの繊維束からなる1次元、2次元、2次元積層又は3次元の織物（繊維プリフォーム）を用意し（図1参照）、ポリカルボシラン、ポリシラザン、ポリシラスチレン等の有機珪素ポリマーをセラミック前駆体ポリマー12として上記織物の各繊維10の表面に適量付着させる（図2参照）。セラミック前駆体ポリマーの付着方法としては、以下の方法が挙げられる。

【0012】（a）希釈したセラミック前駆体ポリマーの含浸

ポリカルボシラン等の有機珪素ポリマーを、その重量の5倍から10倍の重量のキシレン等の有機溶剤に溶解し、有機溶剤で希釈した有機珪素ポリマーを繊維織物に含浸した後、乾燥させて余分な有機溶剤を揮発除去する。例えば、ポリカルボシランをその重量の5倍から10倍の重量のキシレンに溶解して、ポリカルボシランの

キシレン溶液を作製し、その溶液の中に繊維織物を常温・常圧で約1日浸漬する。その後、乾燥機を使用し、約200℃に加熱してキシレンを揮発除去する。

（b）セラミック前駆体ポリマーの蒸着

密閉容器の中に固体又は液体状のポリカルボシラン等の有機珪素ポリマーと繊維織物を配置し、有機珪素ポリマーの蒸気が発生する温度に昇温して、繊維織物の各繊維表面に有機珪素ポリマーを蒸着する。例えば、耐熱容器の底にポリカルボシラン（常温・常圧では固体）を敷き、その上部に直接ポリカルボシランと触れないように繊維織物を配置する。これを窒素等の不活性ガス圧下（5気圧（ゲージ圧）程度）で加熱し、ポリカルボシランの融点以上（400～500℃）で約半日程度保持する。

【0013】セラミック前駆体ポリマーの付着した繊維織物を適当な条件で熱処理し、織物内部の各繊維10表面にセラミックウスカ14を成長させる（図3参照）。例えば、ポリカルボシランの付着した繊維織物を、窒素等の不活性ガス雰囲気中で加圧下（5気圧（ゲージ圧）程度）にて1200～1300℃に加熱する。このときの昇温速度は300～500℃/時間が適当である。ポリカルボシラン等をはじめとするセラミック前駆体ポリマーのいくつかは無機化の際に特定の熱処理条件によりウスカ状セラミックとなる性質を有している。そこで、上記のように、繊維強化複合材料の複合化プロセスの条件を制御して、特定の雰囲気熱処理を行うことにより、ポリカルボシラン等の有機珪素ポリマーが無機化して炭化珪素や窒化珪素となる（具体的には、ポリカルボシランは無機化によりSiCとなり、ポリシラザンは無機化によりSi₃N₄となる。）際に、各繊維10の表面にセラミックウスカ14としてランダムに成長させることができる。繊維プリフォーム内部にセラミックウスカを形成させることにより、プリフォームの層間剪断強度や板厚方向の熱伝導率の向上が図れる。また、2次元織物積層体を用いる場合、織物の層間にセラミックウスカが成長して、層間強度を向上させることができ、コスト及び層間強化材分布の均一性の面でステッチングよりも優れている。

【0014】なお、繊維の表面状態等によりウスカ状セラミックが成長困難な場合には、繊維10の表面にセラミック前駆体ポリマー12を付着させる前に、予め以下の方法で、各繊維表面にウスカ状セラミックの生成核となるような炭素層、金属粒子、セラミック粒子等を付着させておく。

（a）炭素表面にはウスカ状セラミックが形成されやすい性質を利用し、炭素を繊維表面に付着させた後、セラミック前駆体ポリマーの付着、熱処理によるセラミックウスカの生成の各工程を実施する。具体的には、繊維織物へのレジン（焼成するとカーボンになる樹脂）の含浸・焼成による炭素層の形成、CVD（化学気相蒸

着)法による繊維表面への炭素層又は炭素粒子の付着等が挙げられる。

(b) ガラス繊維や炭素繊維、セラミック繊維の一部は表面が非常になめらかなため、その表面でウィスカ状セラミックの成長核生成が困難な場合がある。そこで、ウィスカ状セラミックの生成核となるような微粒子を繊維表面に付着させた後、セラミック前駆体ポリマーの付着、熱処理によるセラミックウィスカの生成の各工程を実施する。具体的には、電解メッキや無電解メッキ等のメッキ法による繊維表面へのPt等の金属粒子の付着、金属やセラミックの粉末を懸濁させたスラリーへの浸漬による繊維表面への金属粒子やセラミック粒子の付着等が挙げられる。

【0015】セラミックウィスカ14で強化された繊維プリフォームにおける繊維10表面及びセラミックウィスカ14表面に、各種特性向上を目的とした表面処理を実施して表面処理層16を形成させる(図4参照)。これは、通常の繊維強化複合材料の複合化プロセスで行われているものである。例えば、繊維強化プラスチック複合材料では、繊維とマトリックス樹脂との親和性を高めるための処理を実施する。また、繊維強化セラミック複合材料では、繊維とマトリックスセラミックとの親和性、結合力を低下させる処理を実施する。また、繊維強化金属基複合材料では、金属材料とセラミック繊維とが反応しないように層を形成させる処理を実施する。

【0016】ウィスカ状セラミックで強化され表面処理が施された繊維織物の内部及び表面にマトリックス18を形成させる(図5参照)。具体的には、繊維強化セラミック複合材料(CMC)の場合は、セラミックポリマーの含浸・焼成、CVD法等によりセラミック材料を織物内部等に形成させる。また、繊維強化プラスチック複合材料(PMC)の場合は、レジントランスファーモールド等により、例えば、熱硬化性樹脂を流し込んで加熱し固める。また、繊維強化金属基複合材料(MMC)の場合は、溶湯鍛造等により、金属材料を加熱して溶かし、加圧することにより金属材料を織物内部にしみ込ませる。また、繊維強化ガラス系複合材料(GMC)の場合は、ガラス材料を加熱して溶かし、加圧することによりガラス材料を織物内部にしみ込ませる。

【0017】

【実施例】本発明の好適な実施例として、2次元織物積層体を強化材として用いた繊維強化セラミック複合材料(CMC)を製造する場合について説明する。アモルファス状炭化ケイ素のセラミック繊維(商品名:チラノ繊維)からなる2次元織物積層体を用意し、ポリカルボシランを2次元織物積層体の各繊維表面に適量付着させた。ポリカルボシランの付着方法は以下の通りである。ポリカルボシランをその重量の10倍の重量のキシレンに溶解して、ポリカルボシランのキシレン溶液を作製し、その溶液中に繊維織物を常温・常圧で約1日浸漬し

た。その後、乾燥機を使用し、約200℃に加熱してキシレンを揮発除去した。

【0018】ポリカルボシランの付着した2次元織物積層体を適当な条件で熱処理し、織物内部の各繊維表面にセラミックウィスカを成長させた。具体的には、ポリカルボシランの付着した繊維織物を、窒素ガス圧下(約5気圧(ゲージ圧))にて1250℃に加熱した。このときの昇温速度は500℃/時間であった。上記のように、繊維強化セラミック複合材料の複合化プロセスの条件を制御して、特定の雰囲気熱処理を行うことにより、ポリカルボシランの無機化の際に、各繊維表面に炭化珪素からなるウィスカ状セラミックがランダムに成長した。2次元織物間にセラミックウィスカが形成されることにより、通常の2次元織物積層体の場合と比較して、プリフォームの層間剪断強度及び板厚方向の熱伝導率の向上が認められた。

【0019】つぎに、セラミックウィスカで強化された2次元織物積層体の繊維表面及びウィスカ表面に表面処理を実施した。これは、通常の繊維強化セラミック複合材料の複合化プロセスで行われているものである。具体的には、セラミック繊維とマトリックスセラミックとの親和性、結合力を低下させる処理を実施した。表面処理が施された2次元織物積層体の内部及び表面にマトリックスを形成させて、繊維強化セラミック複合材料を製造した。具体的には、マトリックスの前駆体となるポリカルボシラン(有機珪素ポリマー)を同じ重量のキシレンに溶解し、この溶液中に繊維織物を浸漬して、繊維織物に有機珪素ポリマーを含浸させた。その後、窒素ガス圧下(5気圧(ゲージ圧))にて約1000℃に加熱した。このときの昇温速度は67℃/時間であった。1000℃にて1時間の処理後、炭化珪素のマトリックスが形成された繊維強化セラミック複合材料が得られた。

【0020】

【発明の効果】本発明は上記のように構成されているので、つぎのような効果を奏する。

(1) 繊維強化複合材料の複合化のプロセス中で、繊維束又は繊維織物内部の各繊維表面にウィスカ状セラミックをランダムに成長させることにより、繊維織物自体あるいは繊維織物を強化材とする複合材料の機械的特性及び熱的特性を向上させることができる。

(2) 繊維強化複合材料の強化材として、安価な2次元織物積層体を用い、繊維強化複合材料の複合化のプロセス中で繊維束又は繊維織物内部の各繊維表面にウィスカ状セラミックを成長させる場合は、2次元織物間にセラミックウィスカを形成させて、そのブリッジ効果により層間強度を向上させることができ、また、板厚方向に成長したセラミックウィスカにより板厚方向の熱伝導率を向上させることができる。

(3) 3次元織物等よりも機械的強度及び板厚方向の熱伝導率が低い2次元織物積層体を使用する場合でも、

簡便に層間強度及び板厚方向の熱伝導率を向上させることができ、高強度の繊維強化複合材料が安価に製造でき、量産にも適している。また、2次元織物間にセラミックウスカが成長して、均一に層間強度を向上させることができ、コスト及び層間強化材分布の均一性の面でステッチングよりも優れている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態による高強度繊維強化複合材料の製造方法の工程を模式的に示すもので、繊維又は繊維束からなる織物の概略構成図である。

【図2】本発明の実施の形態による高強度繊維強化複合材料の製造方法の工程を模式的に示すもので、セラミック前駆体ポリマーを図1に示す織物の各繊維に付着させた状態の概略構成図である。

【図3】本発明の実施の形態による高強度繊維強化複合材料の製造方法の工程を模式的に示すもので、図2に示

す繊維織物を熱処理してセラミックウスカを成長させた状態の概略構成図である。

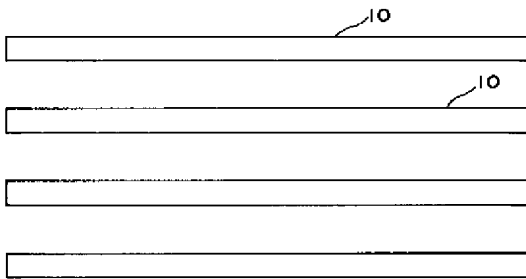
【図4】本発明の実施の形態による高強度繊維強化複合材料の製造方法の工程を模式的に示すもので、図3に示すウスカを有する繊維織物の表面に表面処理層を形成させた状態の概略構成図である。

【図5】本発明の実施の形態による高強度繊維強化複合材料の製造方法の工程を模式的に示すもので、図4に示す表面処理された繊維織物の内部及び表面にマトリックスを形成させた状態の概略断面構成図である。

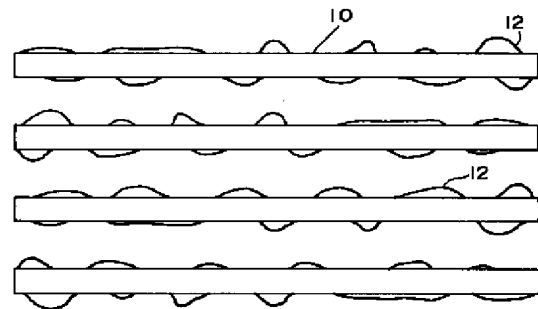
【符号の説明】

- 10 繊維
- 12 セラミック前駆体ポリマー
- 14 セラミックウスカ
- 16 表面処理層
- 18 マトリックス

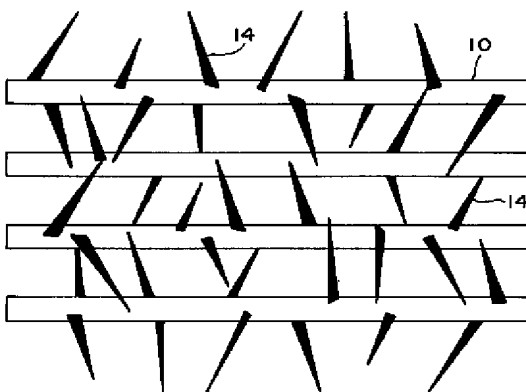
【図1】



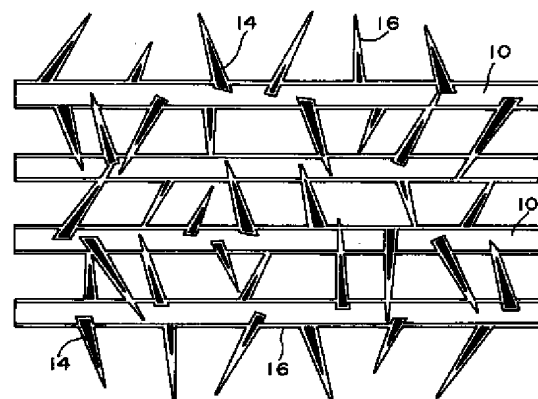
【図2】



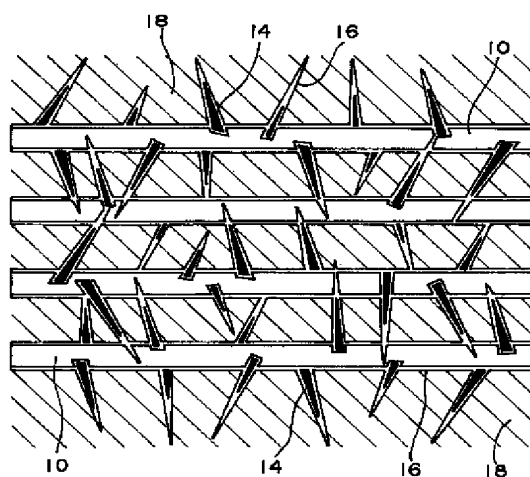
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 日野 春樹
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業
株式会社明石工場内
(72)発明者 菅野 兵衛
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業
株式会社明石工場内

Fターム(参考) 4F072 AA03 AA04 AB08 AB09 AB10
AC03 AC08 AF21 AL01
4F100 AB01A AB01B AD00A AD00B
AD11A AD11B AG00A AG00B
AK01A AK01B BA02 DG01A
DG01B DG03A DG03B DG12A
DG12B JJ01 JJ03 JJ03A
JJ03B JK06